



Etude expérimentale des mécanismes thermo-aérauliques lors d'un feu dans une charge de bois

Zied Maatki, Kamel Halouani, Philippe Bournot, Georges Le Palec, Olivier
Vauquelin

► To cite this version:

Zied Maatki, Kamel Halouani, Philippe Bournot, Georges Le Palec, Olivier Vauquelin. Etude expérimentale des mécanismes thermo-aérauliques lors d'un feu dans une charge de bois. JITH 2007, Aug 2007, Albi, France. 5p. hal-00161620

HAL Id: hal-00161620

<https://hal.science/hal-00161620>

Submitted on 29 Aug 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ETUDE EXPERIMENTALE DES MECANISMES THERMO-AERAULIQUES LORS D'UN FEU DANS UNE CHARGE DE BOIS

Zied MAATKI¹, Kamel HALOUANI¹

Philippe BOURNOT², Georges LEPALEC² et Olivier VAUQUELIN²

¹METS-IESG-ENIS-IPEIS, B.P:805 – 3019 – Sfax – Tunisie

²IM2/UNIMECA, Jardin du Pharo 58 Bvd Charles Livon Marseille 13284,
Marseille cedex 07, France

Kamel.Halouani@ipeis.rnu.tn

Résumé :

Nous proposons une étude expérimentale de la combustion d'une charge de copeaux de bois confinés dans une enceinte ventilée ou non ventilée. Nous avons étudié l'influence des paramètres relatifs au combustible (type de bois) et à l'aération (apport d'oxygène) sur l'évolution de la structure de la flamme et de sa température, de la perte de masse du bois et de la nature des émissions gazeux de sa combustion. Ce travail permet d'améliorer les connaissances disponibles sur les mécanismes thermo-aérauliques accompagnant la combustion du bois et offre un outil de validation aux modèles numériques disponibles.

Mots clés : Feux – combustion - copeaux de bois – enceinte ventilée ou non ventilée – modélisation

1. INTRODUCTION

Plusieurs modélisation numériques ont été proposées pour la simulation de la propagation de la flamme lors de la combustion et la pyrolyse du bois [1]. L'application généralisée de ces modèles dans des cas pratiques (feux de forêts ou incendies dans les bâtiments) est difficile. Ces codes nécessitent dans la plupart des cas des validations avec l'expérience pour rectifier leurs hypothèses et les valeurs de leurs paramètres et améliorer leur applicabilité [2].

Dans ce travail nous proposons une étude expérimentale de la combustion d'une charge de copeaux de bois confinés dans une enceinte ventilée ou non ventilée. L'objectif est d'étudier le développement de la flamme dans cette charge en fonction des conditions opératoires (type de bois, température, taux d'oxygène) et de déterminer la cinétique de perte de masse du bois et les émissions gazeux résultant de cette combustion. Les résultats obtenus aideront d'une part, à l'étude de la propagation des feux et permettront d'autre part, d'optimiser la valorisation énergétique du bois en tenant compte des aspects environnementaux [3].

2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'étude expérimentale est réalisée dans une enceinte parallélépipédique (1,16x0,96x1.2m), dont quatre parois sont en bois et deux autres en plexiglas (celle de devant et celle de droite). Cette enceinte possède deux ouvertures, la première est située en bas dans la paroi avant et l'autre située en haut dans la paroi arrière (figure 1). Dans cette deuxième ouverture, un ventilateur est prévu pour les essais de ventilation forcée permettant d'extraire un débit moyen de l'ordre de $18.10^{-3} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ correspondant à une vitesse de l'ordre de 2,8 m/s.

Dans la paroi gauche, un trou est prévu pour introduire l'analyseur de combustion dans l'enceinte.

Pour les mesures, nous disposons de:

- une balance électronique placée au milieu de l'enceinte pour la mesure de la perte de masse du combustible ;
- un analyseur de combustion pour mesurer les concentrations des gaz de combustion (CO , CO_2 , O_2).
- un laser pour la visualisation du comportement du panache sur le plan $y=0$ (c'est le plan de la nappe laser engendrée) ;
- une vingtaine de thermocouples placées dans différentes positions dans l'enceinte (axe de la flamme, plafond, perche, charge de bois et à l'extérieur de l'enceinte).

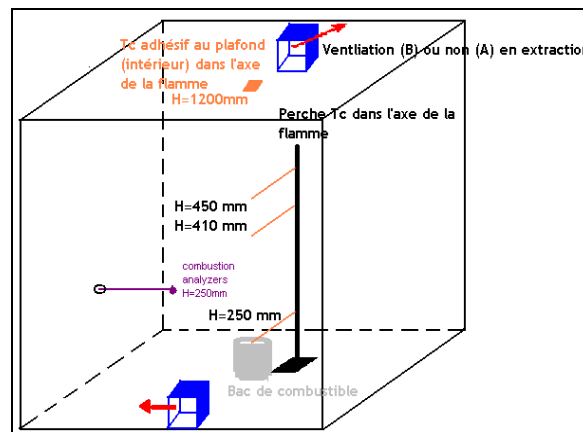


Figure 1 : Dispositif expérimental

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Etat de la flamme

Au démarrage de l'expérience, l'amorçage de la flamme du gel utilisé pour allumer le bois (première flamme) déclenche sa pyrolyse. Les réactions chimiques exothermiques portent le mélange « produits de pyrolyse-air » à la température d'inflammation T_i après un délai d'auto inflammation, τ_i . Ce temps est nécessaire pour établir une concentration suffisante de radicaux pour déclencher la combustion qui commence par l'inflammation des effluents de pyrolyse. Cette inflammation peut avoir lieu avant ou après la fin des réactions de combustion du gel, selon les paramètres considérés (type d'aération, type de combustible, dimension de la charge de bois). La combustion du bois a une flamme laminaire de hauteur de l'ordre de 25 cm. Dans le cas d'une enceinte ventilée, la flamme s'incline un peu vers l'arrière. L'amorçage de la flamme ne se fait pas nécessairement au milieu de la charge de bois. En effet, on observe parfois la présence de plusieurs flammes (deux ou trois flammes) dans différentes régions de la charge. Dans le cas du bois d'olivier on remarque que la flamme diffère des autres flammes de bois par sa hauteur élevée qui dépasse les 30 cm (figures 2). Pour le cas du hêtre (figure 3), on remarque une large flamme comparée à celle du bois d'olivier. Nous remarquons aussi une différence de brillance et de couleur de la flamme. En effet, la couleur de la flamme du bois est jaunâtre et elle n'est pas très brillante.

L'inflammation des gaz de pyrolyse aura lieu avant l'extinction de la flamme du gel. En effet, la première disparition de la flamme s'est produite à 465 s, alors que l'extinction de la flamme du gel se fait avant. Cela s'explique par le fait que la ventilation est forcée, donc les réactions

sont plus rapides. L'extinction de la flamme des effluents de pyrolyse, est due au fait que les réactions de leur combustion sont plus rapides que celles de la pyrolyse du bois de telle façon que les concentrations des gaz inflammables diminuent en deçà du domaine d'inflammabilité. Ce phénomène peut être suivi d'un retour de flamme, si les concentrations des gaz inflammables augmentent. Ces phénomènes n'apparaissent pas dans le cas d'une pyrolyse rapide pour lequel les concentrations des gaz inflammables sont toujours au delà de la limite d'inflammabilité.



Figure 2: Flamme mince du bois d'olivier



Figure 3 : Flamme du bois chêne

On constate également une variation en fonction du type de combustible. En effet, pour les cyprès, on observe les mêmes phénomènes que pour le chêne, sauf que la pyrolyse est un peu plus rapide vu que la surface du combustible en contact avec l'air est plus grande d'environ 15 cm^2 . Ce qui est un peu particulier pour le cyprès et le bois d'olivier est qu'à la fin de la combustion, malgré la diminution de la vitesse des réactions dans le bois, la flamme persiste.

3.2 Comportement du panache des fumées

La combustion du bois s'accompagne de dégagement de fumées blanches sous forme d'un jet. Cette couleur indique que ces fumées sont riches en vapeur d'eau. Le panache commence laminaire en bas puis il devient turbulent. Pour le cas de la combustion du bois d'olivier (figure 4), ce jet diffère de celui des autres types de bois (Cyprès par exemple figure 5). En effet, il est plus fin en bas et devient très dense dans en haut. On voit bien les mouvements rotatifs des fumées dans l'enceinte (des mouvements ascendants et descendants).



Figure 4 : Bois d'olivier, ventilation forcée



Figure 5 : Bois cyprès, ventilation naturelle

3.3 Perte de masse

Nous avons aussi mesuré la perte de masse selon le type d'aération et le type de bois.

3.3.1. Selon le type d'aération

La figure 6 montre que plus l'enceinte est aérée, plus il y a de l'oxygène (comburant) et plus la cinétique de la combustion du bois est rapide. D'autre part, on peut remarquer à partir de cette figure que la durée de la 1^{ère} phase varie selon l'aération : 15 mn pour le cas confiné, 11 mn pour le cas de la ventilation naturelle et 5 mn pour le cas de la ventilation forcée.

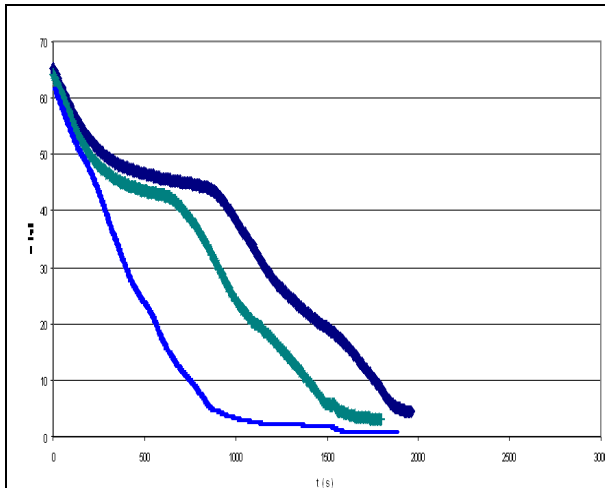


Figure 6 : Perte de masse de chêne selon le type d'aération

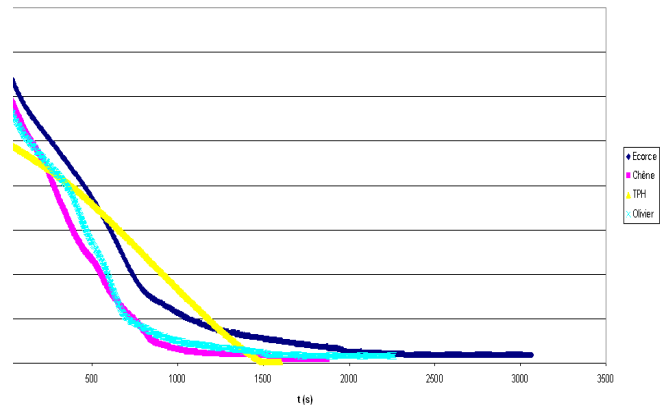


Figure 7 : Perte de masse en ventilation forcée pour différents types de bois

3.3.2 Selon le type de combustible

La figure 7 montre que la perte de masse de l'écorce, est un peu plus lente que celle des autres bois. Cela est due à la quantité de gel utilisée pour l'allumage. En effet, si on décale les courbes à partir de 50g, elles vont se superposer. On peut donc, conclure que la cinétique de la perte de masse est pratiquement la même pour tous les types des bois utilisés.

3.4 Température sur l'axe de la flamme

A 41 cm sur l'axe de la flamme, la température atteint les 300 °C pour le cas de la combustion du bois de chêne dans une enceinte confinée (figure 8), alors qu'elle ne dépasse pas les 220 °C dans les cas de ventilation naturelle et forcée. Ceci revient au fait qu'il y a extraction du panache vers l'ouverture qui se trouve en haut dans la paroi arrière. Cette extraction a pour conséquence le du pan tirage du panache et donc le thermocouple ne mesure plus la température au milieu du panache. Dans le cas de ventilation forcée, la température ne dépasse pas les 300 °C pour le chêne et le cyprès alors qu'elle dépasse les 580°C pour le bois d'olivier. Ceci revient à ce que la flamme du bois l'olivier a une grande hauteur.

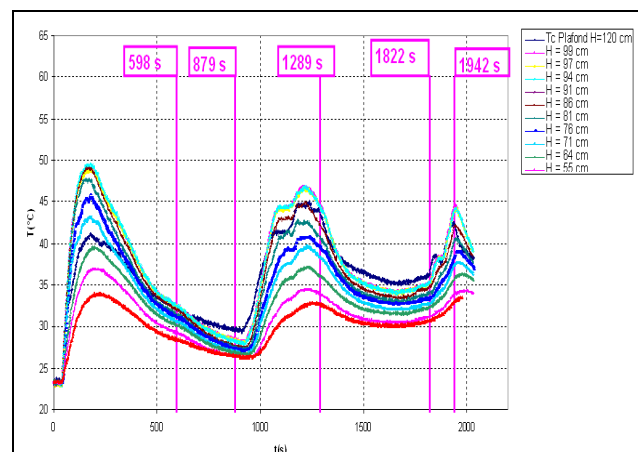


Figure 8 : Profil de température dans l'enceinte (chêne, confiné, D=72mm)

3.5 Evolution des concentrations de CO et d'O₂ lors de la combustion du bois

3.5.1 Evolution de la concentration de CO

Nous avons mesuré la concentration du CO dans l'enceinte à une hauteur de 25 cm. Pour le cas d'une enceinte confinée. Nous avons remarqué que la concentration de CO augmente linéairement suivant deux phases. D'autre part, la concentration du CO dans le cas de la ventilation naturelle atteint les 2000 ppm le double de celle de la ventilation forcée. Ceci est expliqué par le fait qu'en ventilation forcée (figure 9), les particules de CO réagissent rapidement avec l'oxygène pour donner le CO₂.

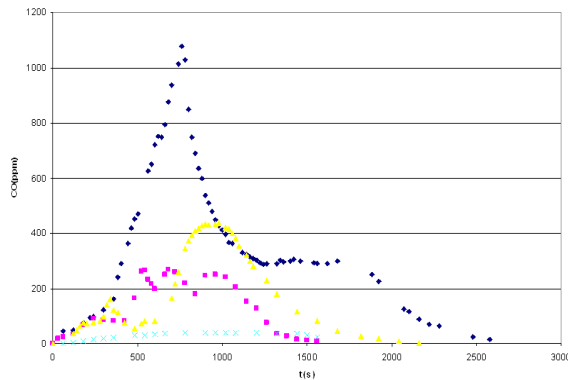


Figure 9 : Concentration du CO
(ventilation forcée)

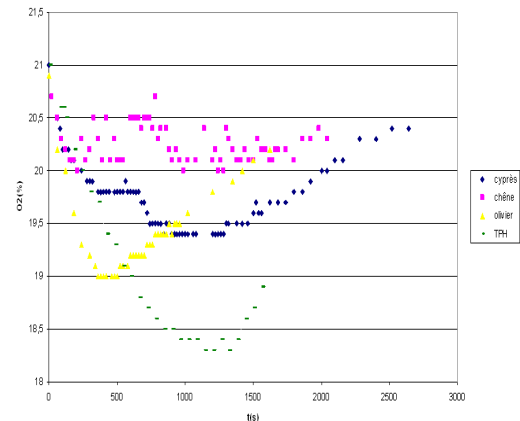


Figure 10 : Concentration d'O₂
(ventilation naturelle)

3.5.2. Evolution de la concentration d'O₂

On remarque que pour le cas d'une enceinte confinée, la concentration d'oxygène dans l'enceinte diminue lorsqu'il y a de la flamme et se stabilise lorsque celle-ci s'éteint. En effet, la présence d'une flamme signifie qu'il y a des réactions de combustion au niveau gazeux donc une forte consommation d'oxygène comme comburant. Pour les cas de ventilation naturelle (figure 10) et forcée, la concentration de l'oxygène dans les fumées en extraction varie de la même manière que celle du cas confiné.

4. CONCLUSION

L'analyse des résultats expérimentaux montre que la structure de la flamme ainsi que le panache des fumées engendrées par la combustion du bois dépendent de la nature du bois et du mouvement d'air dans l'enceinte. La combustion du bois d'olivier se distingue par une flamme plus longue et une température plus élevée. La cinétique de perte de masse est pratiquement la même pour les différents types de bois considérés. Ces résultats peuvent servir dans la validation des modèles numériques de la combustion du bois.

Références

- [1] V. Novozhilov, B. Moghtaderi, D.F. Fletcher and J.H.Kent, Computational Fluid Dynamics Modelling of Wood Combustion. *Fire Safety Journal*, 27, pp 69-84, 1996.
- [2] S. Hostikka and K. McGrattan, Large Eddy Simulation of Wood Combustion, National Institute of Standards and Technology, *Interscience Communications Ltd.*, London, England, pp 755-762, 2001.
- [3] K. Halouani et H. Farhat, Depollution of atmospheric emissions of wood pyrolysis furnaces, *Renewable Energy*, 28, pp 129-138, 2003.